

## 明 細 書

### 電気式脱イオン水製造装置の運転方法、電気式脱イオン水製造システム および電気式脱イオン水製造装置

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、半導体製造分野、医薬製造分野、原子力や火力等の発電分野、食品工業などの各種の産業又は研究所施設において使用される電気式脱イオン水製造装置(EDI)に関する。

#### 背景技術

- [0002] 脱イオン水を製造する方法として、従来からイオン交換樹脂に被処理水を通して脱イオンを行う方法が知られているが、この方法ではイオン交換樹脂がイオンで飽和されたときに薬剤によって再生を行う必要がある。このような処理操作上の不利な点を解消するため、薬剤による再生が不要な電気式脱イオン(EDI)法による脱イオン水製造方法があり、実用化に至っている。
- [0003] ここで、従前型のEDIでは、カチオン交換膜及びアニオン交換膜を離間して交互に配置し、カチオン交換膜とアニオン交換膜で形成される空間内に一つおきにイオン交換体を充填して脱塩室としている。一方、このような従前型のEDIに代えて、その脱塩室の構造を抜本的に改造した省電力型のEDIが開発されている。
- [0004] この省電力型のEDIは、特開2001-239270号公報に示されており、一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極を備えた陽極室と陰極を備えた陰極室の間に配置している。そして、電圧を印加しながら一方の小脱塩室に被処理水を流入し、次いで、該小脱塩室の流出水を他方の小脱塩室に流入すると共に、濃縮室に濃縮水を流入して被処理水中の不純物イオンを除去し、脱イオン水を得る。このような構造のEDIによれば、2つの小脱塩室のうち、少なくとも1つの脱塩室に充填されるイオン交換体を例えばアニオン交換体のみ、又はカチオン交換体のみ

等の単一イオン交換体もしくはアニオン交換体とカチオン交換体の混合交換体とすることができ、イオン交換体の種類毎に電気抵抗を低減し、且つ高い性能を得るための最適な厚さに設定することができる。

[0005] ところが、このようなEDIに流入する被処理水中の硬度が高い場合、EDIの濃縮室において炭酸カルシウムや水酸化マグネシウム等のスケールが発生する。スケールが発生すると、その部分での電気抵抗が上昇し、電流が流れにくくなる。すなわち、スケール発生が無い場合と同一の電流値を流すためには電圧を上昇させる必要があり、消費電力が増加する。また、スケールの付着場所次第では濃縮室内で電流密度が異なり、脱塩室内において電流の不均一化が生じる。また、スケール付着量が更に増加すると通水差圧が上昇すると共に、電圧が更に上昇し、装置の最大電圧値を越えた場合は電流値が低下することとなる。この場合、イオン除去に必要な電流値が流せなくなり、処理水質の低下を招く。更には、成長したスケールがイオン交換膜内にまで侵食し、最終的にはイオン交換膜を破ってしまう可能性もある。

[0006] このような問題を解決する一つの対策として、硬度が低い被処理水をEDIに流入させる方法がある。被処理水の硬度が低ければ、濃縮室内は溶解度積に達しないため、スケールの発生は起こらない。しかし、実際には、このような硬度が低い被処理水を通水処理した場合においても、濃縮室において炭酸カルシウムや水酸化マグネシウム等のスケールが発生することがあった。この場合、前述と同様に問題が発生する。

[0007] また、特開2001-225078号公報には、濃縮室のアニオン交換膜側に特定構造のアニオン交換体を配置するEDIが開示されている。このEDIによれば、OH<sup>-</sup>イオンの濃縮液への拡散希釈が、多孔性アニオン交換体表面より促進され、該表面におけるOHイオン濃度の速やかな低減が図られる。他方、硬度成分イオンは、多孔性アニオン交換体の内部に侵入し難くなり、OH<sup>-</sup>イオンと硬度成分イオンとが接触し反応する機会が低減するため、硬度成分の析出や蓄積が抑制される。

[0008] また、特開2002-1345号公報には、濃縮室に収容するイオン交換体は水透過性の異なる少なくとも二層からなり、かつ水透過性の小さい層は、アニオン交換膜側に配置され、少なくとも表面にアニオン交換基を有するEDIが開示されている。このEDIによれば、水透過性の大きな層を移動した硬度成分を多く含む濃縮液が水透過性

の小さい層に到達した後には移動力が低減し、陰イオン交換膜の濃縮室側表面に流れ込むことが防止され、硬度成分の析出や蓄積が抑制される。

[0009] しかしながら、特開2001-225078号公報や特開2002-1345号公報では、濃縮室へ供給する水の条件が明確ではなく、また長期間の運転においてスケール発生を防止する点は明らかではない。更に、EDI処理水の水質への影響については何ら記載されていない。

[0010] EDIに供給される水としては、通常水道水や工業用水を粗脱塩した逆浸透膜の透過水が用いられる。逆浸透膜では、イオン成分は除去されるがガス成分はほとんど除去されずに透過してしまう。このため、逆浸透膜の透過水中には炭酸ガスとして透過した高濃度の遊離炭酸がそのまま残留する。遊離炭酸は、EDIのアニオン負荷であり、かつ弱酸であるため処理水に残りやすく、水質不良の原因となる。このために、膜脱気等の脱炭酸装置をEDIの前段に設け、炭酸を除去した水をEDIへ供給することで、炭酸の負荷分が軽減させ、処理水水質の向上を図っている。さらに、この脱炭酸装置を設ける方法は、炭酸よりもさらに除去されにくいシリカの除去性能を向上させるためにも有効である。従って、高純度の処理水質が要求される場合は、脱炭酸装置が必要である。

[0011] しかしながら、このような高純度の処理水質を得るため、EDIの前段に脱炭酸装置を設け、この脱炭酸装置の処理水をEDIの被処理水とすると共に濃縮水とし、かつ濃縮室のアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体を設置しても、長期間の運転においては硬度成分などのスケールが発生することがあった。

#### 発明の開示

[0012] 本発明においては、EDIにおいて、遊離炭酸を含む水をアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が充填された濃縮室に供給する。これによって、長期間の運転においても、濃縮室内のスケール発生を抑制できる。また、濃縮室のアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が配設され、該アニオン交換体とカチオン交換膜間に強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体を配設する。この構造によれば、アニオン交換体を実質的にカチオン交換膜に接触することがないため、アニオン交換体を移動してきた炭酸水素イオンが、カチオン交換膜へ到達する前に濃縮水と共に下流

へと拡散され、処理水質の低下を防止することができる。

[0013] 本発明の態様(1)において、電気式脱イオン水製造装置(EDI)は、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が充填された濃縮室を有する。そして、このような電気式脱イオン水製造装置において、遊離炭酸を含む水を該濃縮室へ供給する。

[0014] ここで、EDIにおけるスケール発生のメカニズムは以下の通りである。すなわち、EDIにおいて、電流が流されると、被処理水中に含まれる炭酸(遊離炭酸、炭酸水素イオン、炭酸イオンの総称)は、脱塩室で水解離により生じた多量の水酸化物イオンの作用によりアニオン交換樹脂にて炭酸イオンとして捕捉される。そして、炭酸イオンは水酸化物イオン及び樹脂に捕捉された塩化物イオン等の他のアニオンと共に陽極側のアニオン交換膜を通過し、濃縮室へと移動する。そのため、濃縮室のアニオン交換膜近傍ではpHが局所的にアルカリ性となる。また他方から、同様にカチオン交換樹脂によって捕捉され、カチオン交換膜を通り移動してきたカルシウムイオン、マグネシウムイオンの硬度成分イオンが、濃縮室のアニオン交換膜面に集まる。そこで炭酸イオン、水酸化物イオンがカルシウムイオン、マグネシウムイオンと接触し、炭酸カルシウム、水酸化マグネシウムがスケールとして析出する。

[0015] 本態様(1)のように、濃縮室のアニオン交換膜の陽極側に、アニオン交換体が存在すると、アニオン交換膜を透過した炭酸イオンや水酸化物イオンは濃縮水中に移動せず、導電性の高いアニオン交換体を通る。この際、濃縮室を流れる濃縮水に遊離炭酸が含まれると、該遊離炭酸がアニオン交換体を流れる炭酸イオンや水酸化物イオンと反応し、炭酸水素イオンとなる。この炭酸水素イオンはアニオン交換体の陽極側ではじめて濃縮水中に放出される。炭酸水素カルシウム又は炭酸水素マグネシウムは、炭酸カルシウムや水酸化マグネシウムに比べると、遥かに析出しにくいいため、濃縮室内におけるスケールの発生が抑制される。また、濃縮水中に放出された炭酸水素イオンは、他方からカチオン交換膜を通して移動してくる水素イオンと反応し、遊離炭酸となる。そして、得られた遊離炭酸は濃縮室下流のイオン交換体中の炭酸イ

オンや水酸化物イオンと再び反応することが可能となる。このように、本実施形態によれば、濃縮室のアニオン交換膜近傍で生じるpHシフトを緩和することができる。

- [0016] また、態様(2)では、電気式脱イオン水製造装置(EDI)は、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体が充填された濃縮室を有する。そして、遊離炭酸を含む水を該濃縮室へ供給する。
- [0017] この態様(2)では、水素イオンを供給するカチオン交換体をアニオン交換体と混合して充填するため、アニオン交換体を移動する炭酸水素イオンはカチオン交換膜に行き着く前にカチオン交換体から供給される水素イオンの作用により遊離炭酸として濃縮水中に放出される。このため、カチオン交換膜近傍の遊離炭酸濃度が高くなることが防止でき、処理水質への影響を緩和することができる。
- [0018] また、さらに態様(3)では、前記態様(1)において、前記濃縮室は、アニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が配設され、該アニオン交換体とカチオン交換膜間に強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体が配設されている。
- [0019] この態様(3)によれば、濃縮室のカチオン交換膜にアニオン交換体を接触させないため、カチオン交換膜近傍の遊離炭酸濃度は高くなり、処理水質の低下を防止できる。具体的には、強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体をカチオン交換膜側に設けることで、アニオン交換体により移動してきた炭酸水素イオンは、水透過性体においてそれ以上カチオン交換膜側へは移動できず、アニオン交換体から放出され遊離炭酸となる。この遊離炭酸は水透過性体を流れる濃縮水と共に下流へと拡散されカチオン交換膜近傍において遊離炭酸濃度が高くなることを防止できる。
- [0020] さらに、態様(4)では、前記態様(2)において、前記濃縮室に充填された混合イオン交換体が、アニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換体の配合比率が高くなる混合イオン交換体である。本第4実施形態によれば、前記第2実施形態と同様の効果を奏する他、カチオン交換膜側のアニオン交換体比率が低いため、カチオン膜近傍の遊離炭酸濃度が確実に低くなる点で好ましい。
- [0021] 態様(5)では、前記濃縮室へ供給する水は、遊離炭酸濃度が0.5〜200mg-CO<sub>2</sub>

/1の水である。従って、例えば水道水や工業用水を粗脱塩した逆浸透膜の透過水が使用できる。

[0022] 態様(6)では、電気式脱イオン水製造装置(EDI)は、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が充填された濃縮室を有する。そして、この該電気式脱イオン水製造装置の前段に配置される脱炭酸装置の処理水が該電気式脱イオン水製造装置の被処理水流入管に導入され、該脱炭酸装置の被処理水が該電気式脱イオン水製造装置の濃縮水流入管に導入されるように配管接続されている。

[0023] 態様(7)では、電気式脱イオン水製造装置(EDI)は、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体が充填された濃縮室を有する。そして、該電気式脱イオン水製造装置の前段に配置される脱炭酸装置の処理水が該電気式脱イオン水製造装置の被処理水流入管に導入され、該脱炭酸装置の被処理水が該電気式脱イオン水製造装置の濃縮水流入管に導入されるように配管接続されている。

[0024] 態様(8)では、電気式脱イオン水製造装置(EDI)は、態様(7)において、前記濃縮室の混合イオン交換体は、アニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換体の配合比率が高くなる混合イオン交換体である。

[0025] 態様(9)では、電気式脱イオン水製造装置(EDI)は、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つ該アニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体を配設し、該アニオン交換体と該カチオン交換膜間に強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体を配設した濃縮室を有する。

[0026] また、態様(10)は、前段の脱炭酸装置の設置を省略し、逆浸透膜装置の透過水を

直接、被処理水及び濃縮室へ供給する水とする電気式脱イオン水製造装置において、電気式脱イオン水製造装置が、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画され且つ当該アニオン交換膜と当該カチオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室を備える脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体が充填された濃縮室を有する。

[0027] また、本発明(11)は、前段の脱炭酸装置の設置を省略し、逆浸透膜装置の透過水を直接、被処理水及び濃縮室へ供給する水とする電気式脱イオン水製造装置において、該電気式脱イオン水製造装置が、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画され且つ当該アニオン交換膜と当該カチオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室を備える脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つ該アニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体を配設し、該アニオン交換体と該カチオン交換膜間に強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体を配設した濃縮室を有する。

[0028] これらEDIによれば、前述したEDIの運転方法を確実に実施できる。特にアニオン交換膜と該カチオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室を備える脱塩室を有するEDIにおいては、前段の脱炭酸装置の設置を省略し、逆浸透膜装置の透過水を直接、被処理水及び濃縮室へ供給する水とすることができ、設置コストが低減される。

#### 図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明の実施の形態における電気式脱イオン水製造システムの模式図である。

[図2]本発明の他の実施の形態における電気式脱イオン水製造システムの模式図である。

[図3]本発明の他の実施の形態における電気式脱イオン水製造システムの模式図である。

[図4]本発明の他の実施の形態における電気式脱イオン水製造システムの模式図である。

[図5]本発明の実施の形態における電気式脱イオン水製造装置の構造を示す簡略図である。

[図6]本発明の他の実施の形態における電気式脱イオン水製造装置の構造を示す簡略図である。

[図7]濃縮室の他の構成例を示す簡略図である。

発明を実施するための最良の形態

[0030] 「EDIの構成例」

まず、本発明に好適な電気式脱イオン水製造装置(EDI)の構成例を図6に示す。陽極37を備える陽極室32bと、陰極36を備える陰極室32aとの間に、陽極37側がアニオン交換膜34で区画され陰極36側がカチオン交換膜33で区画された脱塩室Dと、陽極37側がカチオン交換膜33で区画され陰極36側がアニオン交換膜34で区画された濃縮室31が交互に設けられている。

[0031] 脱塩室Dには、上部にアニオンイオン交換体Aが充填され、下部にアニオンイオン交換対とカチオンイオン交換体を混合した混合イオン交換体が充填されている。一方、濃縮室31は、陽極側がカチオン交換膜33で区画され陰極側がアニオン交換膜34で区画され且つアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体39が充填されている。

[0032] なお、脱塩室Dに充填するイオン交換体は、必ずしも上述のようなものに限定されず、被処理水に応じて、アニオン交換樹脂のみ、カチオン交換樹脂のみ、混合イオン交換樹脂のみでもよい。

[0033] このような装置において、陰極36と陽極37間に直流電流を通じ、また被処理水流入ライン41から被処理水を流入すると共に、濃縮水流入ライン45から濃縮水を流入する。また、陰極水流入ライン47a、陽極水流入ライン47bからそれぞれ陰極水、陽極水を流入する。

[0034] 被処理水流入ライン41から流入した被処理水は脱塩室Dを流下し、アニオン交換体A、混合イオン交換体Mの充填層を通過する際に不純物イオンが除去され、脱イ



オン水が脱イオン水流出ライン44から得られる。

- [0035] また、濃縮水流入ライン45から流入した濃縮水は各濃縮室31を上昇し、カチオン交換膜33及びアニオン交換膜34を介して移動してくる不純物イオン、濃縮室内の混合イオン交換体39を介して移動してくる不純物イオンを受け取り、不純物イオンを濃縮した濃縮水として濃縮室流出ライン46から流出される。
- [0036] さらに、陰極水流入ライン47aから流入した陰極水は、陰極水流出ライン48aから流出され、陽極水流入ライン47bから流入した陽極水は、陽極水流出ライン48bから流出される。
- [0037] このような操作によって、被処理水流入ライン41から流入された被処理水中の不純物イオンは電氣的に除去され、不純物イオン除去された脱イオン水が脱イオン水流出ライン44に得られる。また、濃縮水流出ライン46から不純物イオンが濃縮された濃縮水が得られる。
- [0038] また、EDIとしては、図5に示すような構成をとることもできる。この構成のうち、脱塩室の構成については、特開平2001-239270号公報に記載されている。
- [0039] 図5に示すように、EDI10aは、陽極37を備える陽極室32bと陰極36を備える陰極室32aとの間に、脱塩室Dと、濃縮室31が交互に配置されている。脱塩室Dは、陽極側がアニオン交換膜34で区画され陰極側がカチオン交換膜33で区画され且つアニオン交換膜34とカチオン交換膜33の間に位置する中間イオン交換膜35で区画される2つの小脱塩室 $d_1$ と $d_2$ を備える。一方、濃縮室31は、陽極側がカチオン交換膜33で区画され陰極側がアニオン交換膜34で区画され且つアニオンイオン交換体とカチオンイオン交換体の混合イオン交換体39が充填されている。
- [0040] 図5の下部に示したように、第1小脱塩室 $d_1$ と第2小脱塩室 $d_2$ で脱塩室 $D_1$ を形成し、第1小脱塩室 $d_3$ と第2小脱塩室 $d_4$ で脱塩室 $D_2$ を形成し、第1小脱塩室 $d_5$ と第2小脱塩室 $d_6$ で脱塩室 $D_3$ を形成し、第1小脱塩室 $d_7$ と第2小脱塩室 $d_8$ で脱塩室 $D_4$ を形成している。
- [0041] EDI10aは、通常、以下のように運転される。陰極36と陽極37間に直流電流を通じ、また被処理水流入ライン41から被処理水が流入すると共に、濃縮水流入ライン45から濃縮水が流入し、かつ陰極水流入ライン47a、陽極水流入ライン47bからそれぞれ

れ陰極水、陽極水が流入する。被処理水流入ライン41から流入した被処理水は第2小脱塩室 $d_2$ 、 $d_4$ 、 $d_6$ 、 $d_8$ を流下し、イオン交換体38の充填層を通過する際に不純物イオンが除去される。更に、第2小脱塩室の処理水流出ライン42を通った流出水は、第1小脱塩室の被処理水流入ライン43を通って第1小脱塩室 $d_1$ 、 $d_3$ 、 $d_5$ 、 $d_7$ に導入され、ここを流下し、ここでもイオン交換体38の充填層を通過する際に不純物イオンが除去され脱イオン水が脱イオン水流出ライン44から得られる。

[0042] また、濃縮水流入ライン45から流入した濃縮水は各濃縮室31を上昇し、カチオン交換膜33及びアニオン交換膜34を介して移動してくる不純物イオン、更には後述するように、濃縮室内のイオン交換体を介して移動してくる不純物イオンを受け取り、不純物イオンを濃縮した濃縮水として濃縮室流出ライン46から流出される。

[0043] さらに、陰極水流入ライン47aから流入した陰極水は、陰極水流出ライン48aから流出され、陽極水流入ライン47bから流入した陽極水は、陽極水流出ライン48bから流出される。

[0044] このような操作によって、被処理水流入ライン41から流入された被処理水中の不純物イオンは電氣的に除去され、不純物イオン除去された脱イオン水が脱イオン水流出ラインに44に得られる。また、濃縮水流出ライン46から不純物イオンが濃縮された濃縮水が得られる。

[0045] 本実施形態のEDIにおいて、被処理水が流入する第2小脱塩室 $d_2$ 、 $d_4$ 、 $d_6$ 、 $d_8$ にアニオン交換体を充填し、第2小脱塩室流出水を被処理水とする第1小脱塩室 $d_1$ 、 $d_3$ 、 $d_5$ 、 $d_7$ に混合イオン交換体を充填すれば、第2小脱塩室及び第1小脱塩室共に、シリカ、炭酸などを除去できる。このため、アニオン成分の中でも除去の難しいシリカ、炭酸などの弱酸性成分を多く含有する被処理水を十分処理できる。そこで、EDIの前処理として遊離炭酸を低減する脱炭酸装置の配置を省略することができる。

[0046] また、上述の図5、6に示したEDIでは、濃縮室に混合イオン交換体39を充填した、しかし、この濃縮室31に充填されるものは、前記混合イオン交換体に限定されない。例えば、図7に示すように、アニオン交換膜34の陽極側にアニオン交換体62を配設し、該アニオン交換体32と該カチオン交換膜34間に強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体60を配設した形態を採ることができる。

## [0047] 「第1の運転方法」

第1の運転方法では、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が充填された濃縮室を有するEDIにおいて、遊離炭酸を含む水を該濃縮室へ供給する。

[0048] 本例の運転方法において、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画された濃縮室を有するEDIとしては、上述の図5、6、7に示すような装置が用いられる。

[0049] アニオン交換体としては、強塩基性アニオン交換体が挙げられる。また、アニオン交換体の形態としては、アニオン交換樹脂、アニオン交換繊維及び特開2002-306976号公報記載の有機多孔質アニオン交換体が挙げられる。強塩基性アニオン交換体は一部に弱塩基性アニオン交換基が含まれていてもよい。このうちアニオン交換樹脂が、充填体積当たりの交換容量が大きいと炭酸イオンの滞留時間が大きく、且つ濃縮水の遊離炭酸と反応する時間が長くなるため、例えば遊離炭酸濃度が低くても反応が十分におき、スケール発生を抑制できる点で好ましい。また、アニオン交換樹脂の粒径が均一であると、濃縮室の差圧が低くなる点で好ましい。

[0050] アニオン交換体の中性塩分解容量としては、湿潤状態において0.75〜75gCaCO<sub>3</sub>/lが好ましい。0.75gCaCO<sub>3</sub>/l未満であると、炭酸イオンの滞留時間が短くなり、濃縮水の遊離炭酸と反応する時間が短くなるため好ましくない。また、75gCaCO<sub>3</sub>/lを超えるとアニオン交換体の製造コストを上昇させる点で好ましくない。また、アニオン交換体がアニオン交換樹脂である場合、ゲル型及びMR型のいずれであってもよいが、ゲル型は水酸化物イオンに対する他のイオン選択性がMR型ほど強くなく、塩形での電気抵抗が小さいためアニオン交換膜から移動してくる炭酸イオンや水酸化物イオンを確実に受け取り陽極側へ移動させることができる点で好ましい。

[0051] また、濃縮室は濃縮室全体にアニオン交換体を単体で充填した形態も含まれるが、この場合、濃縮室中アニオン交換基が連続しているため、アニオン交換体中の炭

酸水素イオンがほとんど全てカチオン交換膜側に移動し、濃縮されて濃縮水へと放出されカチオン交換膜付近での遊離炭酸濃度が高くなり、処理水の水質低下が起こりやすい。このため、濃縮室はアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が配設され、該アニオン交換体とカチオン交換膜間に強塩基性アニオン基を有さない水透過性体が配設されたものが、濃縮室のカチオン交換膜にアニオン交換体が接触しないため、カチオン交換膜近傍の遊離炭酸濃度は高くなり、処理水質の低下を防止できる点で好ましい。アニオン交換膜の陽極側に配設されるアニオン交換体としては、前述のアニオン交換体と同様のものが挙げられる。

[0052] 該アニオン交換体とカチオン交換膜間に配設される強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体は、濃縮水の流路を確保すると共にアニオン交換基がカチオン交換膜と接触しないようにするために用いられる。従って、強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体としては、導電性水透過性体及び非導電性水透過性体のいずれであってもよいが、導電性水透過性体の場合、強塩基性アニオン交換基以外の弱塩基性アニオン交換基、弱酸性カチオン交換基又は強酸性カチオン交換基などを有する水透過性体であれば使用できる。弱酸性カチオン交換基又は強酸性カチオン交換基を有するものとしては、カチオン交換繊維やカチオン交換樹脂が挙げられる。特にカチオン交換樹脂を用いる場合、架橋度4%以下のカチオン交換樹脂を使用することが、カルシウムイオンまたはマグネシウムイオンなどの2価イオンの選択性を低くさせ、水素イオンの選択性を高め、硬度成分と炭酸イオンの接触機会を低減できる点で好ましい。また非導電性水透過性体としては、例えばメッシュ状物、不織布、織布及びこれ以外の多孔質体などが挙げられ、このうち、メッシュ状物の網目の選定が容易であると共に水透過性に優れ、濃縮室の差圧上昇を招き難い点で好ましい。

[0053] 濃縮室の厚さとしては、0.5mm～6mmが好ましく、特に1.0mm～3mmが好ましい。0.5mm未満であると、たとえイオン交換体を充填してもスケール発生抑制効果が得られにくくなり、通水差圧の上昇も発生し易い。一方6mmを越えると、電気抵抗が高くなり、消費電力が増大する。強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体の厚みとしては、特に制限されないが、0.1mm～2.0mmが好ましく、特に0.2～1.0mmが好ましい。この水透過性体の厚みが0.1mm未満であると、遊離炭酸が発

生する場所とカチオン交換膜との距離が近くなり、カチオン交換膜近傍の遊離炭酸濃度が高くなる。一方2.0mmを越えると水透過性体の電気抵抗が高くなり消費電力が増大する。このような濃縮室はアニオン交換体と強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体の2層構造であるが、アニオン交換体とカチオン交換膜は実質的に非接触であればよく、本発明の効果を妨げない範囲において一部の接触があってもよい。

[0054] また、アニオン交換膜の陽極側に充填されるアニオン交換体が粒状イオン交換樹脂の場合、水透過性体はその粒状イオン交換樹脂の有効径より細かい目のものを選定することが、粒状アニオン交換樹脂とカチオン交換膜との接触を確実に防止することができる点で好ましい。また、アニオン交換体が粒状イオン交換樹脂の場合、平均径がやや大きめで、且つ粒度分布が均一な粒状イオン交換樹脂を使用することが、粒状イオン交換樹脂の有効径が大きくなるため水透過性体は目の粗いものが選定でき、差圧上昇することなく水透過性が高まる点で好ましい。なお、粒状イオン交換樹脂の有効径とは全粒状樹脂の10体積%を通過するふるいの目開きで表されるものである。

[0055] 本第1の運転方法で用いる遊離炭酸を含む水としては、遊離炭酸濃度が0.5〜20  $\text{mgCO}_2/\text{l}$ 、好ましくは2〜150  $\text{mgCO}_2/\text{l}$ の水である。遊離炭酸濃度が0.5  $\text{mgCO}_2/\text{l}$ 未満ではスケール発生を抑制する効果が低下し、また、200  $\text{mgCO}_2/\text{l}$ を越えるとカチオン交換膜を通して隣の脱塩室に拡散する遊離炭酸の量が増え、処理水の水質低下につながる。遊離炭酸を含む水的具体例としては、水道水や工業用水を粗脱塩した逆浸透膜の透過水が挙げられる。逆浸透膜ではイオン成分は除去されるがガス成分はほとんど除去せずに透過してしまう。このため、逆浸透膜透過水中には溶存炭酸ガスとして透過した高濃度の遊離炭酸がそのまま残留することになる。従って、逆浸透膜の透過水を濃縮室の供給水としてそのまま利用することができ、余計な薬剤を添加する必要が無い。なお、逆浸透膜の透過水はEDIの脱塩室に供給されるEDIの被処理水として用いることもある。

[0056] 逆浸透膜装置とEDIの間に脱炭酸装置が配置される装置の場合、脱炭酸装置の処理水をEDIの脱塩室に供給される水(EDIの被処理水)とし、逆浸透膜透過水で

あって脱炭酸装置の被処理水をEDIの濃縮室に供給する水とすれば、脱塩室の負荷となる遊離炭酸濃度を低減しつつ、スケールの発生を抑制するのに必要な遊離炭酸を含む水を濃縮室に供給できる点で好適である。また、脱塩室に供給される水及び濃縮室に供給される水を共に脱炭酸装置の処理水とした場合、濃縮室出口水の一部を循環し、該遊離炭酸濃度の低い水と混ぜて濃縮室へ供給することが、濃縮室出口水は被処理水中に含まれる遊離炭酸が濃縮され、遊離炭酸濃度が高い水として濃縮室供給水への利用が可能となる点で好ましい。脱炭酸装置としては、特に制限されないが、例えば膜式脱気装置が挙げられる。

[0057] 「第2の運転方法」

第2の運転方法では、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体が充填された濃縮室を有する電気式脱イオン水製造装置において、遊離炭酸を含む水を該濃縮室へ供給する。

[0058] 第2の運転方法において、第1の運転方法と同一構成要素についてはその説明を省略し、異なる点について主に説明する。すなわち、第2の運転方法におけるEDIの運転方法において、第1の運転方法におけるEDIの運転方法と異なる点は、濃縮室への充填物をアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体とした点にある。本例によれば、水素イオンを供給するカチオン交換体をアニオン交換体と混合して充填するため、アニオン交換体を移動する炭酸水素イオンはカチオン交換膜に行き着く前にカチオン交換体から供給される水素イオンの作用により遊離炭酸として濃縮水中に放出される。このため、カチオン交換膜近傍の遊離炭酸濃度が高くなることを防止でき、処理水質への影響が緩和される。

[0059] 混合イオン交換体中、アニオン交換体としては、前述のアニオン交換体と同様のものが挙げられる。またカチオン交換体としては、水素イオンを供給するものであればよく、例えば強酸性カチオン交換体、弱酸性カチオン交換体及び強酸性カチオン交換体と弱酸性カチオン交換体の混合カチオン交換体が挙げられる。また、カチオン交換体の形態としては、カチオン交換樹脂、カチオン交換繊維及び特開2002-306

976号公報記載の有機多孔質カチオン交換体が挙げられる。混合イオン交換体は、アニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂の混合イオン交換樹脂が好ましい。

[0060] 混合イオン交換体の混合形態としては、アニオン交換体とカチオン交換体の均一混合物およびアニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換体の配合比率が高くなる混合イオン交換体が挙げられる。このうち、アニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換樹脂の配合比率が高くなる混合イオン交換樹脂が好ましい。これにより、カチオン交換膜側のアニオン交換体(アニオン交換樹脂)比率が低くなり、カチオン膜近傍の遊離炭酸濃度が確実に低くなる。アニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換体の配合比率が高くなる形態としては、アニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換体の配合比率が漸次増加する形態、例えばアニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてアニオン交換体層、アニオン交換体とカチオン交換体の混合体層が配列する層構造形態などが挙げられる。混合イオン交換樹脂の場合、混合イオン交換樹脂の粒径は均一であるものが、濃縮室の差圧が低くなる点で好ましい。

[0061] 混合イオン交換樹脂中、カチオン交換樹脂の配合割合としては、特に制限されないが、体積基準で10〜90%、好ましくは20〜50%である。カチオン交換樹脂の充填比率(体積)が、10%未満であるとカチオン交換膜付近の遊離炭酸濃度が高くなることを防止できず、一方90%より大きいとスケール発生抑制効果が得られなくなる点で好ましくない。また、カチオン交換樹脂は、架橋度4%以下であることが、カルシウムイオンまたはマグネシウムイオンなどの2価イオンの選択性が低くなり、水素イオンの選択性が高まる点で好ましい。

[0062] 「構成例1」

構成例1のEDIを図1を参照して説明する。脱塩室12と濃縮室11を備えるEDI10の前段に脱炭酸装置20が配置されている。そして、脱炭酸装置20の処理水流出管14とEDIの被処理水流入管15を接続し、脱炭酸装置20の被処理水流入管13とEDI10の濃縮水流入管16を接続している。なお、符号17は濃縮水流出管、18は脱塩水流出管である。また、脱炭酸装置20の処理水がEDI10の被処理水流入管15に導入され、脱炭酸装置20の被処理水がEDI10の濃縮水流入管16に導入される。

なお、脱炭酸装置20としては、膜脱気装置、脱炭酸塔など高知のものを採用することができる。

- [0063] 従って、被処理水である逆浸透膜透過水は、濃縮室11に直接供給されるとともに、脱炭酸装置20において炭酸が除去された後脱塩室12に供給される。
- [0064] 脱炭酸装置20の処理水がEDI10の被処理水流入管15に導入され、脱炭酸装置20の被処理水がEDI10の濃縮水流入管16に導入される形態としては、図1に示す形態の他、図2や図3のような構成をとることもできる。
- [0065] 図2では、脱炭酸装置20の前段に濃縮水の流量調整を容易にするための緩衝用タンク29を配置している。そして、濃縮水流入管16の上流側、及び脱炭酸装置20の被処理水流入管13の上流側を緩衝用タンク29に接続している。従って、緩衝用タンク29からの被処理水が、直接濃縮室11に供給されるとともに、緩衝用タンク29からの被処理水が脱炭酸装置20で脱炭酸処理された後、脱塩室12に供給される。
- [0066] また、図3では、EDI10の濃縮水流入管16途中に緩衝用タンク29を配置し、且つ濃縮水流出管17と緩衝用タンク29を接続する戻り配管171を配設している。
- [0067] この構成によっても、逆浸透膜透過水は、脱炭酸装置20において炭酸が除去された後、脱塩室12に供給される。一方、緩衝用タンク29においては、逆浸透膜透過水と濃縮水が混合された後濃縮室11に供給される。
- [0068] このような図1〜3に示した構成におけるEDI10としては、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間にカチオン交換膜とアニオン交換膜を交互に配列させ、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が充填された濃縮室を有する第1のEDIや、第1のEDIのアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が充填された濃縮室に代えて、カチオン交換体とアニオン交換体の混合イオン交換体が充填された濃縮室とした第2のEDIが採用される。
- [0069] 第2のEDIにおいて、アニオン交換体およびカチオン交換体は前記運転方法で記載したものと同様のものが挙げられる。混合イオン交換体の混合形態としては、アニオン交換体とカチオン交換体の均一混合物およびアニオン交換膜からカチオン交換



膜に向けてカチオン交換体の配合比率が高くなる混合イオン交換体が挙げられる。このうち、アニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換樹脂の配合比率が高くなる混合イオン交換樹脂が好ましい。これにより、カチオン交換膜側のアニオン交換体(アニオン交換樹脂)比率が低いため、カチオン交換膜近傍の遊離炭酸濃度が確実に低くなる。アニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換体の配合比率が高くなる形態、混合イオン交換樹脂中カチオン交換樹脂の配合割合およびカチオン交換樹脂の架橋度としては、前記運転方法に記載したものと同様のものが使用できる。

[0070] また、EDIの構成としては、図5に示した小脱塩室を有するものも好適であり、これを上述の第1および第2EDIとして利用することができる。

[0071] 図1〜3に示した第1構成例のEDIは、脱塩室12に供給される被処理水が脱炭酸装置20の処理水(透過水)であり炭酸が除去された水である。一方、濃縮室11に供給される水は脱炭酸処理されていない。この例では、逆浸透膜の処理水であるため、脱塩室12の負荷となる遊離炭酸濃度を低減しつつ、スケールの発生を抑制するのに必要な遊離炭酸を含む水を濃縮室11に供給できる。

[0072] 「構成例2」

本発明の構成例2におけるEDIは、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間にカチオン交換膜とアニオン交換膜を交互に配列させ、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つ該アニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体を配設し、該アニオン交換体と該カチオン交換膜間に強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体を配設した濃縮室を有する装置である。

[0073] 構成例2のEDIにおいて、被処理水としては、特に制限されず、例えば脱炭酸装置の処理水が挙げられる。また、濃縮室に供給される水としては、遊離炭酸を含む水であれば、特に制限されない。アニオン交換体および水透過性体としては、前記運転方法に記載したものと同様のものが使用できる。

[0074] 構成例1、2において、脱塩室構造としては、特に制限されず、図5、6に示すようなものが好適に適用できる。

## [0075] 「構成例3」

構成例3におけるEDIを図4を参照して説明する。図4は構成例3におけるEDIの模式図である。図4において、図1と同一構成要素には同一符号を付してその説明を省略し異なる点について主に説明する。図4中、脱塩室12aと濃縮室11aを備えるEDI10aの前段の脱炭酸装置の設置を省略し、逆浸透膜装置30を配置し、逆浸透膜装置30の透過水流出管19とEDI10aの被処理水流入管192を接続し、透過水流出管19を分岐させ濃縮水供給管191としたものである。

[0076] そして、この構成例3においては、EDIとして、上述した図6の構成の装置が採用される。そして、被処理水が流入する第2小脱塩室 $d_2$ 、 $d_4$ 、 $d_6$ 、 $d_8$ にアニオン交換体を充填し、第2小脱塩室流出水を被処理水とする第1小脱塩室 $d_1$ 、 $d_3$ 、 $d_5$ 、 $d_7$ に混合イオン交換体を充填する。これによって、第2小脱塩室及び第1小脱塩室共に、シリカ、炭酸などを除去できる。このため、アニオン成分の中でも除去の難しいシリカ、炭酸などの弱酸性成分を多く含有する被処理水を十分処理できる。そこで、EDIの前処理として遊離炭酸を低減する脱炭酸装置の配置を省略することができる。

## 実施例

## [0077] 実施例1

下記装置仕様及び運転条件において、図5と同様の構成で4つの脱イオンモジュール(8つの小脱塩室)を並設して構成される電気式脱イオン水製造装置を使用した。被処理水は、工業用水の逆浸透膜透過水を用い、その硬度は $1000 \mu\text{g-CaCO}_3 / \text{l}$ 、遊離炭酸濃度は $4\text{mg-CO}_2 / \text{l}$ であった。また、被処理水の一部をそのまま濃縮水及び電極水として使用した。運転時間は4000時間であり、4000時間後の濃縮室内のスケール発生の有無を観察した。また、同時間運転後における処理水の抵抗率と運転条件を表1に示す。

## [0078] (運転の条件)

- ・電気式脱イオン水製造装置; 試作EDI
- ・中間イオン交換膜; アニオン交換膜
- ・第1小脱塩室; 幅100mm、高さ300mm、厚さ4mm
- ・第1小脱塩室に充填したイオン交換樹脂; アニオン交換樹脂(A)とカチオン

交換樹脂(C)の混合イオン交換樹脂(混合比は体積比でA:C=1:1)

- ・第2小脱塩室;幅100mm、高さ300mm、厚さ8mm
- ・第2小脱塩室充填イオン交換樹脂;アニオン交換樹脂
- ・濃縮室;幅100mm、高さ300mm、厚さ2mm
- ・濃縮室充填イオン交換樹脂;ゲル型強塩基性アニオン交換樹脂(IRA-402BL)
- ・装置全体の流量; $0.1\text{m}^3/\text{h}$

[0079] 実施例2

濃縮室に充填するゲル型強塩基性アニオン交換樹脂(IRA-402BL)に代えて、カチオン交換樹脂(Amberlyst30W:架橋度4%)とゲル型強塩基性アニオン交換樹脂(IRA-402BL)(混合比は体積比でA:C=1:1)の混合イオン交換樹脂を用いた以外は、実施例1と同様の方法で行った。4000時間運転後における処理水の抵抗率と運転条件を表1に示す。

[0080] 実施例3

濃縮室に充填するゲル型強塩基性アニオン交換樹脂(IRA-402BL)に代えて、アニオン交換膜の陽極側にゲル型強塩基性アニオン交換樹脂(IRA-402BL、有効径:0.45mm)を厚さ1.7mmで充填し、該ゲル型強塩基性アニオン交換樹脂とカチオン交換膜間に目開き60メッシュの網目状物を厚さ0.3mmで充填した以外は、実施例1と同様の方法で行った。4000時間運転後における処理水の抵抗率と運転条件を表1に示す。

[0081] 比較例1

濃縮室に充填するゲル型強塩基性アニオン交換樹脂(IRA-402BL)に代えて、目開き12メッシュ、厚さ1mmの網目状物を充填し、濃縮室の厚さを1mmとした以外は、実施例1と同様の方法で行った。比較例1では、運転時間100時間で電圧が250Vに達したため、装置を停止し、濃縮室内のスケール発生の有無を観察した。また、100時間運転後における処理水の抵抗率と運転条件を表1に示す。

[0082] 比較例2

工業用水の逆浸透膜透過水に代えて、工業用水の逆浸透膜透過水を膜式脱気により脱炭酸処理した水を用いた以外は、実施例1と同様の方法で行った。比較例2で

は、運転時間150時間で電圧が250Vに達したため、装置を停止し、濃縮室内のスケール発生の有無を観察した。また、150時間運転後における処理水の抵抗率と運転条件を表1に示す。

[0083] [表1]

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	比較例 1	比較例 2
印加電圧 (V)	75	80	80	250	250
電流 (A)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
処理水抵抗率 ( $M\Omega \cdot cm$ )	17.0	17.5	17.9	10.5	11.0
スケール発生 の様子	無し	無し	無し	有り	有り

[0084] 以上のように、本実施形態によれば、スケール発生の問題を、EDIの濃縮室への供給水条件を管理することで解決でき、高濃度の硬度成分を含む被処理水の長期間連続運転においても、濃縮室内にスケール発生を認めることなく、安定した運転ができる。また、濃縮室内の導電性が安定し、脱塩室の入口側から出口側の全体に渡り電流密度を均一化でき、消費電力を低減できる。

## 請求の範囲

- [1] 陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が充填された濃縮室を有する電気式脱イオン水製造装置において、遊離炭酸を含む水を該濃縮室へ供給する、電気式脱イオン水製造装置の運転方法。
- [2] 陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体が充填された濃縮室を有する電気式脱イオン水製造装置において、遊離炭酸を含む水を該濃縮室へ供給する、電気式脱イオン水製造装置の運転方法。
- [3] 請求項1記載の電気式脱イオン水製造装置の運転方法において、  
前記濃縮室は、アニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が配設され、該アニオン交換体とカチオン交換膜間に強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体が配設された、電気式脱イオン水製造装置の運転方法。
- [4] 請求項2記載の電気式脱イオン水製造装置の運転方法において、  
前記濃縮室に充填された混合イオン交換体は、アニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換体の配合比率が高くなる混合イオン交換体である、電気式脱イオン水製造装置の運転方法。
- [5] 請求項1～4のいずれか1項記載の電気式脱イオン水製造装置の運転方法において、  
前記濃縮室へ供給する水は、遊離炭酸濃度が $0.5\sim 200\text{mg-CO}_2/\text{l}$ の水である、電気式脱イオン水製造装置の運転方法。
- [6] 電気式脱イオン水製造装置を含む電気式脱イオン水製造システムであって、  
前記電気式脱イオン水製造装置は、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画され

た脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体が充填された濃縮室を備え、

この電気式脱イオン水製造装置の前段に脱炭酸装置が配置され、

この脱炭酸装置の処理水が前記電気式脱イオン水製造装置の脱塩室に供給され、

前記脱炭酸装置において処理されていない前記脱炭酸装置の被処理水が前記電気式脱イオン水製造装置の濃縮室に供給される、

電気式脱イオン水製造システム。

[7] 電気式脱イオン水製造装置を含む電気式脱イオン水製造システムであって、

前記電気式脱イオン水製造装置は、陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体が充填された濃縮室を備え、

この電気式脱イオン水製造装置の前段に脱炭酸装置が配置され、

この脱炭酸装置の処理水が前記電気式脱イオン水製造装置の脱塩室に供給され、

前記脱炭酸装置において処理されていない前記脱炭酸装置の被処理水が前記電気式脱イオン水製造装置の濃縮室に供給される、

電気式脱イオン水製造システム。

[8] 請求項7記載の電気式脱イオン水製造システムにおいて、

前記濃縮室の混合イオン交換体は、アニオン交換膜からカチオン交換膜に向けてカチオン交換体の配合比率が高くなる混合イオン交換体である、電気式脱イオン水製造装置。

[9] 電気式脱イオン水製造装置であって、

陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画された脱塩室と、

陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つ該

アニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体を配設し、該アニオン交換体と該カチオン交換膜間に強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体を配設した濃縮室と、を有する、電気式脱イオン水製造装置。

[10] 電気式脱イオン水製造装置であって、

陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画され且つ当該アニオン交換膜と当該カチオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室を備える脱塩室と、陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体が充填された濃縮室を有し、

前段の脱炭酸装置の設置を省略し、逆浸透膜装置の透過水を直接、被処理水及び濃縮室へ供給する水とする、電気式脱イオン水製造装置。

[11] 電気式脱イオン水製造装置であって、

陽極を備える陽極室と陰極を備える陰極室との間に、陽極側がアニオン交換膜で区画され陰極側がカチオン交換膜で区画され且つ当該アニオン交換膜と当該カチオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室を備える脱塩室と、

陽極側がカチオン交換膜で区画され陰極側がアニオン交換膜で区画され且つ該アニオン交換膜の陽極側にアニオン交換体を配設し、該アニオン交換体と該カチオン交換膜間に強塩基性アニオン交換基を有さない水透過性体を配設した濃縮室と、を有し、

前段の脱炭酸装置の設置を省略し、逆浸透膜装置の透過水を直接、被処理水及び濃縮室へ供給する水とする、電気式脱イオン水製造装置。